

Série A. N° Série 287.

N° d'ordre 311.

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Henriette GARRAULT

Assistant au Collège de France.

2^e THÈSE

1^{re} Thèse. — ÉTUDE HISTOCHIMIQUE DE QUELQUES TISSUS CONJONCTIFS MUQUEUX.

2^e Thèse. — LE TISSU ÉLASTIQUE DU PÉDONCULE DE *Pollicipes cornucopiæ* LEACH.

Soutenues le juin 1934 devant la Commission d'examen.

MM. WINTREBERT.. *Président.*

PRENANT..... }
ROBERT-LÉVY. } *Examineurs.*

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS

1934

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen honoraire M. MOLIARD.
Doyen C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.

<i>Professeurs honoraires</i>	{	H. LE CHATELIER.	LÉON BRILLOUIN.
		H. LEBESGUE.	GOURSAT.
		A. FERNBACH.	WALLERANT.
		A. LEDUC.	GUILLET.
		Émile PICARD.	PECHARD.
		Rémy PERRIER	FREUNDLER.

PROFESSEURS

P. JANET. T Électrotechnique générale.	E. DARMOIS. Physique.
G. BERTRAND. T Chimie biologique.	A. DEBIERNE Radioactivité.
M ^{me} P. CURIE. T Physique générale.	A. DUFOUR T Physique (P. C. N.).
M. CAULLERY. T Zoologie (Évolution des êtres organisés).	L. DUNOYER. Optique appliquée.
G. URBAIN T Chimie générale.	A. GUILLIERMOND T Botanique (P. C. N.).
Émile BOREL T Calcul des probabilités et Physique mathém.	M. JAVILLIER Chimie biologique.
L. MARCHIS T Aviation.	L. JOLEAUD. Paléontologie.
Jean PERRIN T Chimie physique.	ROBERT-LÉVY. Zoologie.
H. ABRAHAM T Physique.	H. MOUTON Chimie physique.
E. CAETAN T Géométrie supérieure.	F. PICARD Zoologie (Évolution des êtres organisés).
M. MOLLIARD T Physiologie végétale.	Henri VILLAT T Mécanique des fluides et applications.
L. LAPICQUE. T Physiologie générale.	Ch. JACOB. T Géologie.
E. VESSIOT T Théorie des fonctions et théorie des transformations.	P. PASCAL. T Chimie minérale.
A. COTTON T Physique.	M. FRÉCHET. T Calcul des Probabilités et Physique mathématique.
J. DRACH. T Analyse supérieure.	E. ESCLANGON. T Astronomie.
Charles FABRY. T Physique.	M ^{me} RAMART-LUCAS. Chimie organique.
Charles PÉREZ. T Zoologie.	H. BÉCHIN T Mécanique physique et expérimentale.
Léon BERTRAND. T Géologie structurale et géologie appliquée.	Foch. Mécanique expérimentale des fluides.
É. BLAISE. T Chimie organique.	PAUTHENIER. Physique (P. C. N.).
R. LESPIEAU T Théories chimiques.	De BROGLIE. T Théories physiques.
P. PORTIER T Physiologie comparée.	CHRÉTIEN. Optique appliquée.
E. RABAUD T Biologie expérimentale.	P. JOB Chimie générale.
P.-A. DANGEARD. T Botanique.	LABROUSTE. Physique du Globe.
V. AUGER. T Chimie appliquée.	PRENANT Zoologie.
M. GUICHARD. Chimie minérale.	VILLEY. Mécanique physique et expérimentale.
Paul MONTEL T Mécanique rationnelle.	BOHN. Zoologie (P. C. N.).
P. WINTREBERT . T Anatomie et histologie comparées.	COMBES. Sciences naturelles (P. C. N.).
L. BLARINGHEM . T Botanique.	GARNIER Mécanique rationnelle.
O. DUBOSQ. T Biologie maritime.	PÉRÈS Mécanique des fluides.
G. JULIA T Mécanique analytique.	HACKSPILL Chimie (P. C. N.).
C. MAUGUIN. T Minéralogie.	LAUGIER Physiologie générale.
A. MICHEL-LÉVY. . Pétrographie.	TOUSSAINT Technique Aéronautique.
H. BÉNARD T Mécanique expérimentale des fluides.	M. CURIE. Physique (P. C. N.).
A. DENJOY T Calcul différentiel et calcul intégral.	G. RIBAUD T Hautes températures.
L. LUTAUD T Géographie physique et géologie dynamique.	CHAZY Mathématiques.
Eugène BLOCH. . . T Physique théorique et physique céleste.	GAULT Chimie (P. C. N.).
G. BRUHAT Physique.	CROZE Physique.
	DUPONT Chimie (P. C. N.).
	LANQUINE. Géologie.

Secrétaire A. PACAUD.
Secrétaire honoraire D. TOMBECK.

Série A. N° Série 287.

N° d'ordre 311.

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Henriette GARRAULT

Assistant au Collège de France.

2° THÈSE

1^{re} Thèse. — ÉTUDE HISTOCHIMIQUE DE QUELQUES TISSUS CONJONCTIFS MUQUEUX.

2^e Thèse. — LE TISSU ÉLASTIQUE DU PÉDONCULE DE *Pollicipes cornucopiæ* LEACH.

Soutenues le juin 1934 devant la Commission d'examen.

MM. WINTREBERT.. *Président.*

PRENANT..... }
ROBERT-LÉVY. } *Examineurs.*

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS

1934



LE TISSU ÉLASTIQUE DU PÉDONCULE DE *POLLICIPES CORNUCOPIÆ* LEACH

Par Henriette GARRAULT

(Laboratoire d'Embryogénie du Collège de France.)

SOMMAIRE

- INTRODUCTION.
- I. HISTORIQUE.
- II. STRUCTURE DU PÉDONCULE.
- III. COMPOSITION CHIMIQUE DES FIBRES ÉLASTIQUES.
- IV. MÉCANISME DE LA FORMATION DU SYSTÈME ÉLASTIQUE.
- V. CONCLUSION.
- RÉSUMÉ.

INTRODUCTION

Au cours d'un travail sur le tissu conjonctif muqueux nous avons cherché quelques types de tissus conjonctifs lâches en dehors du groupe des Vertébrés. Dans le groupe des Arthropodes, nous avons examiné le pédoncule d'un Cirrhipède : *Pollicipes cornucopiæ* Leach, parce que cet organe, à la fois ferme et élastique, est constitué en grande partie par un tissu lâche, analogue à un tissu conjonctif, à l'intérieur duquel se trouve disposé un important système de faisceaux musculaires et différents organes tels que les ovaires, la tige pédonculaire, etc.

Nous avons retrouvé au cours de cette étude un système de fibres élastiques déjà observé par quelques auteurs, mais interprété différemment par les uns et les autres. Ces fibres élastiques présentent des caractères particuliers, de sorte que l'analyse un peu approfondie de leur structure et de leur disposition nous a paru intéressante au point de vue de l'histologie comparée des tissus élastiques.

Le matériel utilisé a été préparé au Laboratoire de Concarneau, les *Pollicipes* ayant été récoltés à Tepot, rocher isolé devant une large plage de sable grossier, entre la Pointe de la Jument et Trévignon.

I. — HISTORIQUE

Kœhler, dans une étude détaillée parue en 1888-1889, a donné une description de la structure du pédoncule des Cirrhipèdes. Cet auteur a spécialement étudié, chez différentes espèces appartenant aux genres : *Lepas*, *Pollicipes*, *Scalpellum*, la gaine musculaire du pédoncule; celle-ci est formée de trois couches distinctes : l'une oblique, la seconde transversale et la troisième longitudinale; cette dernière est particulièrement importante chez *Pollicipes*. En plus de ces éléments, **Kœhler** signale un autre ensemble de fibres musculaires lisses dont la structure et la disposition lui apparaissent comme un caractère très remarquable chez les Cirrhipèdes pédonculés. « Ces fibres, dit l'auteur, fournissent de nombreuses ramifications qui se divisent à l'infini donnant ainsi naissance à d'innombrables petits rameaux qui se distribuent dans l'épaisseur du tissu conjonctif pour venir se terminer sur la face profonde des cellules épithéliales du pédoncule ou du manteau sur laquelle elles s'insèrent. Ces ramifications, ajoute-t-il, qui naissent des fibres musculaires du pédoncule ou du manteau, pénètrent dans le tissu conjonctif sous-épidermique en se divisant un grand nombre de fois, et les dernières branches, en arrivant à une certaine distance de la face profonde des cellules épithéliales, se divisent brusquement en une quantité de fibrilles, en un pinceau de fines ramifications qui s'insèrent sur la paroi des cellules. Dans le manteau, ces terminaisons en bouquet de fibrilles se retrouvent sous l'épithélium qui en tapisse la face interne, aussi bien que la face externe. Ce mode de terminaison des éléments musculaires se rencontre aussi dans le corps proprement dit des Cirrhipèdes. »

Koehler rapproche ces ramifications musculaires en pinceau des formations décrites par **Podwyssozky** dans les muscles des lèvres chez les Mammifères.

Gruvel, dans son travail de 1893 sur les Cirrhipèdes, interprète de la même manière ce système de fibres : « De la couche hypodermique externe partent des faisceaux de fibres musculaires s'insérant sur la cuticule entre les cellules et convergeant vers l'intérieur, de façon à se réunir en un faisceau musculaire qui, avant d'atteindre

l'épithélium interne, se transforme en un nouveau faisceau de fibres divergentes allant s'insérer sur la cuticule interne ».

Mais au cours de nouvelles recherches (1905), **Gruvel** arrive à une interprétation différente et considère ces fibres non plus comme des éléments musculaires mais comme des fibres élastiques arborescentes dont l'ensemble forme un système de soutien destiné à maintenir à la même distance l'épithélium externe et l'épithélium palléal.

Marcel Prenant (1924), au cours d'une étude spéciale sur les parties calcifiées des téguments de *Pollicipes cornucopiæ*, cite et figure ces fibres qu'il dénomme, suivant **Koehler**, fibres musculaires, sans discuter cette interprétation; mais, **Marcel Prenant** apporte un fait nouveau en décrivant, dans les cellules de l'épithélium externe, des faisceaux de tono-fibrilles qui paraissent être en continuité avec chacune des fibrilles terminales.

II. — STRUCTURE DU PÉDONCULE

Nous avons examiné la structure du pédoncule de *Pollicipes cornucopiæ* chez des individus à différents états du développement et chez lesquels le diamètre du pied variait de 1 mm. 5 jusqu'à 12 millimètres. Selon le niveau où l'on sectionne le pédoncule on observe une structure différente; si la coupe passe à la base du capitulum, là où le manteau s'invagine dans le pied, la structure élastique s'étend, comme le figure **Gruvel**, de l'épithélium externe à l'épithélium interne du manteau. Si l'on sectionne le pied dans une région plus profonde, cette structure élastique occupe toute son épaisseur. L'épithélium externe est recouvert directement d'une cuticule chitineuse épaisse, compliquée par les écailles calcaires, alors que l'épithélium palléal est recouvert seulement d'une mince couche de chitine. A l'intérieur des tissus du pédoncule se trouvent les ovaires, les glandes cémentaires, la tige pédonculaire, des nerfs, des vaisseaux.

Au-dessous de l'épiderme externe sont disposées trois couches concentriques de fibres musculaires lisses (**Gruvel**); leur disposition a été décrite en détail par **Koehler** et nous la résumerons rapidement: sur les coupes transversales la couche des muscles longitudinaux

apparaît comme formée par la réunion de champs ou d'îlots musculaires allongés et étroits, chacun de ces îlots correspond à un véritable faisceau musculaire auquel le tissu conjonctif général du pédoncule constitue une sorte d'enveloppe (fig. 1, *m*). Les fibres musculaires offrent une disposition très régulière dans la partie supérieure du pédoncule où les muscles longitudinaux forment une couche bien définie, tandis que vers l'extrémité inférieure les faisceaux se dissocient et s'éparpillent au milieu du tissu conjonctif. Les faisceaux musculaires des couches transversales et obliques (fig. 1, *m*₁ et *m*₂) sont moins gros, moins régulièrement disposés, mais leur structure est la même que dans la couche longitudinale.

Les fibres élastiques cheminent entre les masses musculaires et s'épanouissent en faisceaux vers chaque épithélium. Ces fibres n'ont pas la structure de fibres musculaires, elles sont lisses, homogènes, et ne présentent jamais d'enveloppe protoplasmique ni de noyaux. Elles paraissent, à l'état frais comme après fixation, fortement réfringentes et sont bi-réfringentes lorsqu'on les examine en lumière polarisée.

La structure du réseau des fibres élastiques est dominée par un fait très caractéristique : c'est que chacune des dernières ramifications de ces fibres vient se terminer au contact d'un élément cellulaire appartenant soit à l'épithélium externe, soit à l'épithélium palléal. On verra plus loin quelle est la signification possible de cette disposition; celle-ci nous conduit à distinguer dans la structure du réseau élastique trois zones différentes. La première est celle des fibrilles terminales en contact direct avec les éléments épithéliaux (fig. 1 et fig. 4), la deuxième est celle dans laquelle les fibrilles se réunissent en fibres de plus en plus épaisses (fig. 1, *f*); celles-ci ne présentent jamais l'apparence d'éléments composés de structure fibrillaire; elles sont parfaitement homogènes et fortement réfringentes, leur diamètre peut atteindre 18 μ . Dans la troisième région, ces fibres sont réunies les unes aux autres en un réseau plexiforme qui s'étend entre la couche des fibres musculaires oblique et la couche annulaire des fibres musculaires transversales que le plexus élastique peut d'ailleurs pénétrer ou entourer (Fig. 1, *plex. m.*).

Dans la région supérieure du pédoncule, aux niveaux où la cavité

palléale le pénètre, la même structure se répète avec une disposition inverse à partir du réseau plexiforme et jusqu'à l'épiderme palléal (fig. 1, 2 et 3). Dans la région basale on observe, au-delà du réseau

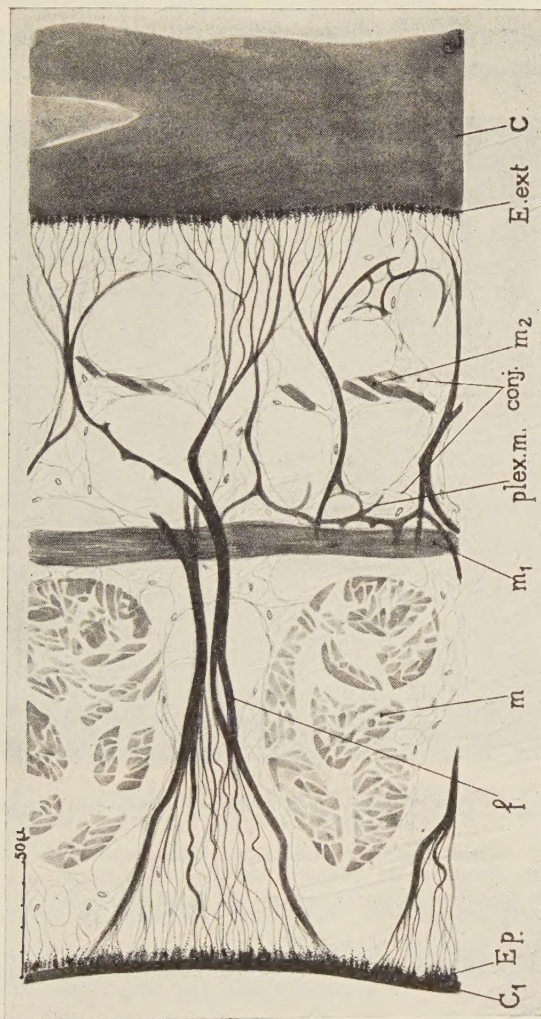


FIG. 1. — Coupe transversale d'un pédoncule de *Pollicipes* dans la région voisine du capitulum. Aspect du système élastique s'étendant entre l'épithélium externe et l'épithélium palléal.
C, épaisse couche chitineuse externe; C₁, mince cuticule chitineuse palléale; conj., réseau conjonctif; f, fibres du système élastique; m, masses musculaires longitudinales coupées transversalement; m₁, muscles circulaires; m₂, muscles obliques; Ep. ext., épiderme externe; Ep. p., épiderme palléal; plex. m., plexus moyen.

voisin des fibres musculaires transversales, quelques fibres de fort diamètre qui se dirigent vers le centre où elles s'anastomosent les unes aux autres formant un nouveau plexus (fig. 5), central celui-ci, et très développé, quand le pédoncule atteint une certaine dimension.

Au cours de l'accroissement du pédoncule, la disposition des faisceaux élastiques de part et d'autre du plexus moyen se modifie; du côté externe, les fibres et leurs ramifications s'accroissent considérablement en nombre, en donnant des arborescences massives; du côté interne au contraire les fibres s'allongent considérablement avant d'aboutir soit aux arborisations qui les terminent sur l'épithé-

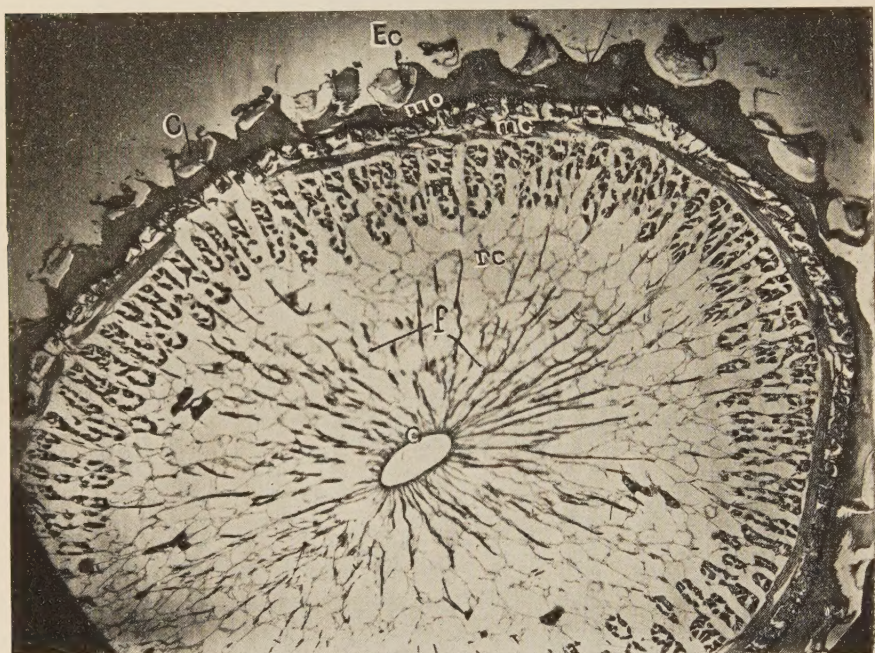


FIG. 2. — Coupe transversale dans un pédoncule de *Pollicipes*, passant juste au-dessous du capitulum.

Ec, écailles calcaires; *C*, cuticule chitineuse externe; *mo*, couche musculaire oblique; *mc*, couche musculaire circulaire; *ml*, couche musculaire longitudinale; *rc*, réseau conjonctif; *c*, cuticule chitineuse palléale; *f*, système des fibres élastiques.

lium palléal, soit aux larges anastomoses qui constituent le plexus central.

Particulièrement dans la région centrale du pied, le système des fibres élastiques se développe au milieu d'une fine charpente conjonctive; celle-ci, ainsi que l'a montré **Kœhler**, enveloppe les différents systèmes de faisceaux musculaires et s'étend jusqu'à l'épithélium externe (fig. 1, *conj.* et fig. 2 *rc*). Cette charpente est formée de fines fibrilles anastomosées en un réseau plus ou moins dense,

distribué inégalement et pouvant former des sortes de travées à structure réticulaire. Ces fibrilles se colorent électivement par le bleu d'aniline avec la méthode de Mallory et en bleu par le carmin d'indigo-rouge Magenta picriqué. Des cellules conjonctives, petit noyau pourvu d'un nucléole rond, et à masse protoplasmique imprécise, sont distribuées dans toute l'étendue du réseau conjonctif. Les

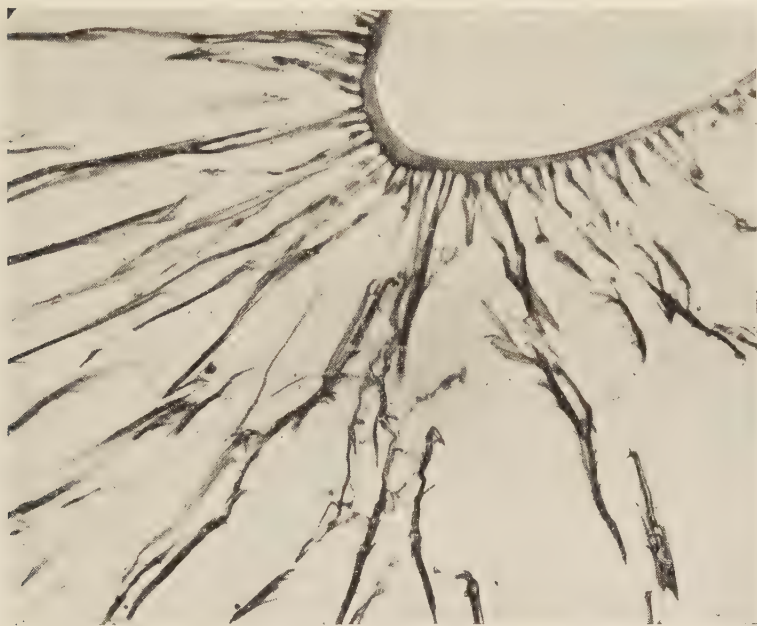


FIG. 3. — Coupe transversale dans la région supérieure du pédoncule de *Pollicipes cornucopiæ*. Aspect des fibres venant se terminer au contact des cellules de l'épithélium palléal.

mailles de celui-ci paraissent sur les coupes, occupées par un coagulum qui se colore faiblement par ces mêmes colorants et qui ne se colore pas par le mucicarmin¹.

1. Remarquons cependant que l'eau de chaux peut extraire du pédoncule des *Pollicipes* débarrassés de leur enveloppe chitineuse externe, une substance précipitable par l'acide acétique; les quantités beaucoup trop faibles obtenues n'ont permis aucune recherche sur la nature de cette substance.

III. — COMPOSITION CHIMIQUE DES FIBRES ÉLASTIQUES

On sait, depuis le travail de **Kœhler**, que les fibres du réseau élastique se teignent par différents colorants tels que l'hématoxyline, la safranine, le carmin alué. Nous avons constaté qu'elles peuvent se colorer par la plupart des colorants histologiques, d'une manière

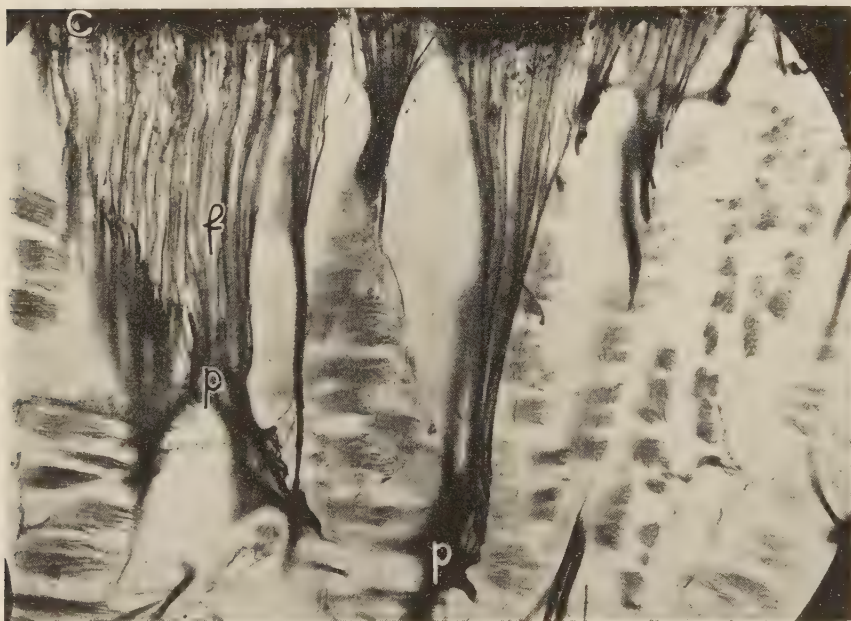


FIG. 4. — *Pollicipes cornucopiae*. Coupe transversale du pédoncule.
C, cellules épidermiques; f, système fibrillaire; p, anastomoses formant le plexus moyen.

non élective; dans les doubles colorations, on peut arriver, selon la manière de procéder, à les teindre électivement par l'un des colorants du mélange : par la méthode de Mallory les fibres prennent généralement une teinte bleue violacée, mais en faisant varier les conditions de la coloration on peut arriver à les teindre électivement en rouge vif par la fuchsine. Par la coloration au rouge Magenta-carmin d'indigo elles peuvent également, suivant les conditions, soit se colorer en bleu verdâtre comme le réseau conjonctif, soit se colorer en rouge vif par le Magenta. De même les colorations hémateïne-éosine-orange, peuvent dans certaines condi-

tions communiquer aux fibres élastiques une teinte orangée. Il est donc assez difficile par ces diverses méthodes d'obtenir une coloration élective.

La colorabilité de ces fibres sur le tissu frais, non fixé, est beaucoup plus intéressante; on a pu constater que le bleu de Nil se fixe sur ces éléments beaucoup plus intensément que sur le reste de la préparation, il en est de même pour le bleu d'aniline à l'eau. Nous avons essayé plus spécialement l'action du rouge Congo sur les tissus frais, dilacérés ou coupés par congélation¹. Ce colorant se fixe d'une manière parfaitement élective sur les fibres élastiques qui prennent peu à peu une teinte rouge assez intense. Nous avons appliqué cette électivité du rouge Congo pour les fibres élastiques à la mise en évidence de celles-ci sur des coupes de tissu fixé. Les meilleurs résultats ont été obtenus en utilisant le rouge Congo en solution dans l'alcool à 70°. La coloration ainsi obtenue sur des coupes, dont les noyaux et les masses musculaires sont préalablement colorées par l'hématéine, permet d'obtenir une différenciation très remarquable des fibres élastiques qui se teignent en rouge intense. La déshydratation par l'alcool n'altère en rien cette coloration et les préparations peuvent être montées au baume du Canada.

On sait que le rouge Congo en solution aqueuse ne pénètre jamais dans la cellule vivante et ne se fixe d'une manière élective que sur diverses formations cuticulaires de nature chitineuse (telles sont par exemple la coque de certains Infusoires, le pédoncule des *Epistylis*, etc. (Voir **E. Fauré-Fremiet**, 1904-1905). La coloration des fibres élastiques de *Pollicipes* par le rouge Congo en solution aqueuse est donc un fait assez spécial qui nous a suggéré l'idée que ces fibres pourraient être de nature chitineuse, ce que nous avons cherché à vérifier en examinant l'action de différents réactifs.

Il apparaît d'abord que ces fibres sont très résistantes à l'égard des bases faibles telles que l'eau de chaux et l'eau de baryte; elles résistent également à la soude $\frac{N}{20}$, mais en présence de soude en solution plus concentrée, normale par exemple, elles subissent un léger gonflement et la biréfringence diminue; cependant les fibres

1. On a utilisé une solution de rouge Congo saturé dans l'eau distillée dont quelques gouttes étaient diluées dans une petite quantité d'eau de mer.

ne se dissolvent pas. La digestion trypsique, en présence de carbonates alcalins et la digestion pepsique en milieu légèrement acidifié par HCl, n'attaquent pas les fibres qui gardent leur biréfringence; néanmoins, dans certains cas, la digestion pepsique acide peut déterminer un gonflement de ces fibres avec diminution sensible de la biréfringence. Ces propriétés ont été utilisées pour isoler les fibres élastiques à l'état plus ou moins pur; malgré cela il reste toujours quelques résidus musculaires qu'il est très difficile de détruire complètement.

Ajoutons que les solvants des graisses ne changent en aucune manière ni l'aspect physique ni la colorabilité des fibres élastiques.

Si ces éléments sont très résistants à l'égard de tous les réactifs qui viennent d'être cités, il n'en est pas de même à l'égard des acides. L'acide chlorhydrique concentré à froid dissout totalement les fibres au bout de quelque temps. En présence de HCl à 2 p. 100 à 120° pendant quarante minutes ces éléments sont totalement détruits. Ce fait est en faveur de leur nature chitineuse; mais il restait à démontrer la formation d'un sucre réducteur au cours de la destruction de ces éléments par hydrolyse acide.

A cet effet, des pieds de *Pollicipes* ont été tout d'abord traités par l'eau de chaux ce qui permet de détacher très facilement la cuticule¹ externe et d'isoler la partie charnue; celle-ci (187 grammes dans l'un de nos essais) a été soumise, après broyage, à la digestion trypsique, le liquide de digestion étant renouvelé plusieurs fois pendant quelques jours. Les résidus, lavés et recueillis par centrifugation, ont été soumis ensuite à l'hydrolyse sulfurique ($\text{SO}_4 \text{H}_2$ à 2 p. 100) à 120°, pendant quarante minutes; le liquide trouble, après défécation par la liqueur de Patein et traitements habituels, a servi pour le dosage du glucose supposé par la méthode de Bertrand. Le chiffre obtenu calculé en glucose a donné 17 milligrammes pour 100 grammes du poids humide de pédoncules décortiqués. La même opération a été répétée sur des éléments élastiques isolés après digestion. Mais la quantité traitée n'a permis d'obtenir qu'une quantité d'oxydure insuffisante pour un dosage.

1. La cuticule de la cavité palléale très difficile à éliminer ne représente par rapport à la totalité de la masse du pédoncule qu'une quantité négligeable qu'il est pratiquement impossible de séparer mécaniquement.

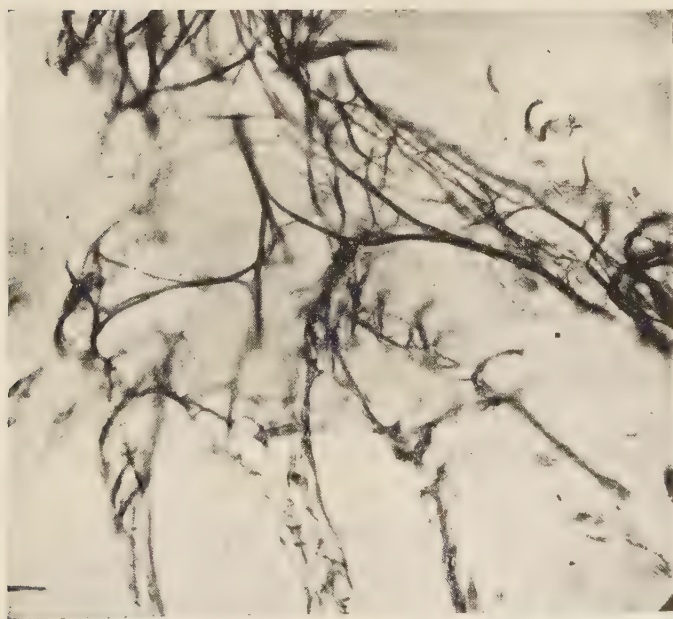
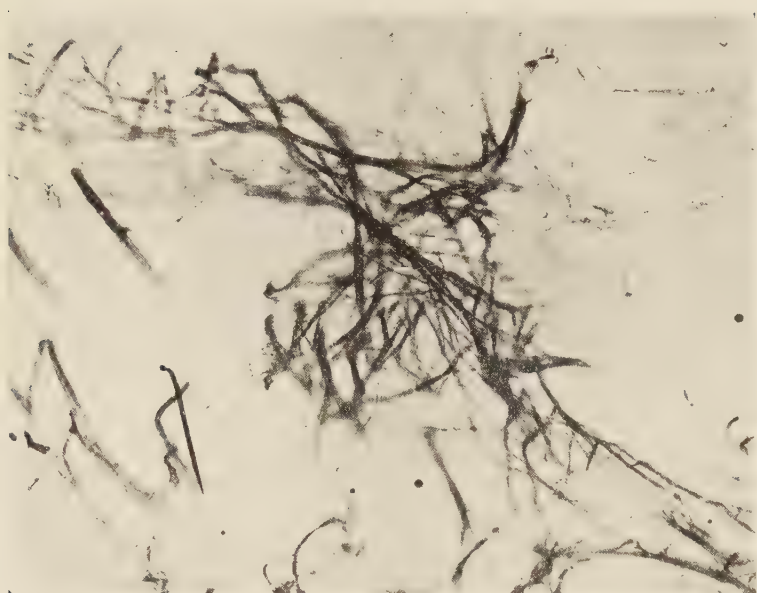


FIG. 5. — Pédoncule de *Pollicipes cornucopilæ*. Coupe transversale montrant deux aspects du plexus central dans la région inférieure du pédoncule. Bouin. Rouge Congo.

D'après tous ces faits, il est infiniment vraisemblable que l'on a affaire en ce qui concerne les fibres élastiques à une formation de nature chitineuse.

IV. — MÉCANISME DE LA FORMATION DU SYSTÈME ÉLASTIQUE

Le problème se pose de savoir comment se forme ce réseau élastique.

L'étude histologique du pédoncule des *Pollicipes* montre par les différents détails de son organisation et de sa structure fine que le système des fibres élastiques est tout à fait indépendant du réseau conjonctif. Il n'existe en particulier aucune relation entre les cellules conjonctives et les fibres élastiques, ni aucune forme de transition entre ces fibres et les fibres conjonctives. Tout au contraire (et nous avons déjà insisté sur ce point) il existe une relation bien définie entre ces éléments élastiques et les cellules épithéliales sur lesquelles se terminent leurs dernières ramifications. Examinons maintenant ces relations avec plus de détail. Les dissociations montrent, même après un début de digestion, la continuité des fibrilles terminales avec les cellules de l'épithélium; cette continuité apparaît avec une grande évidence si l'on traite au préalable par l'eau de chaux, ce qui permet d'enlever facilement la cuticule; ceci laisse les débris des cellules épidermiques, bien visibles grâce aux grains de pigments qu'elles renferment, adhérents aux arborisations du système élastique; sur les coupes de pédoncules convenablement fixés les cellules épidermiques, du côté externe comme du côté palléal, présentent une forme conique; ce sont des éléments de petite dimension, larges de environ $13\ \mu$ à la base, haute de environ $35\ \mu$, et qui sont en continuité directe avec les fibrilles (fig. 6). Ces cellules renferment des grains de pigments qui masquent souvent leur structure fine; néanmoins, il est facile de voir, après fixation au liquide de Bouin par exemple, une structure fibrillaire assez caractéristique correspondant aux tono-fibrilles décrites par **Marcel Prenant**. La zone fibrillaire forme une sorte de masse conique sur le côté de laquelle on observe une région protoplasmique alvéolaire et granuleuse contenant le noyau; celui-ci, rond ou ovale, mesure environ $1,5\ \mu$

de diamètre, contient un ou deux nucléoles et quelques granulations chromatiques.

Le système des fibrilles cellulaires s'étale largement à la face externe de la cellule et se termine immédiatement au niveau de la

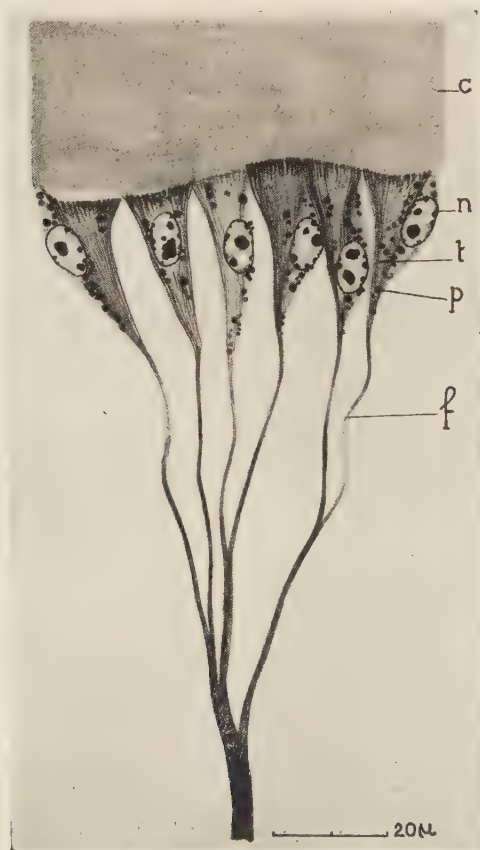


FIG. 6. — *Pollicipes cornucopiæ*. Coupe transversale du pédoncule.

f, terminaisons des fibres élastiques au contact des cellules épidermiques; *t*, pinceau de tono-fibrilles; *n*, noyau; *c*, cuticule externe; *p*, pigment.

cuticule chitineuse, sans présenter avec celle-ci aucun lien de continuité. Ce fait est attesté par les clivages qui peuvent se produire de place en place sous l'action des réactifs fixateurs et qui séparent la surface cellulaire de la cuticule chitineuse. Il est possible que les fibrilles forment tout autour de la cellule une sorte de manteau

périphérique intimement uni à la masse protoplasmique, plutôt qu'un faisceau intracellulaire; cependant ceci n'est pas certain. Ajoutons encore qu'à la surface externe des cellules, les fibrilles semblent se terminer par un léger renflement un peu plus colorable.

Il est impossible de définir une limite nette entre la pointe de la cellule (avec l'extrémité du pinceau de tono-fibrilles qu'elle renferme) et le début de la fibrille élastique, ces formations paraissant être en étroite relation de continuité. Les colorations spécifiques elles-mêmes, celle au rouge Congo-hémalun par exemple, donne en ce point des indications imprécises; c'est seulement à quelques μ au-dessus de la pointe protoplasmique de la cellule proprement dite que la fibrille élastique commence à présenter ses caractères spécifiques de colorabilité. Cette continuité de la cellule et de la fibrille conduit à l'hypothèse que la fibrille dérive de la cellule épidermique et que la substance chitineuse dont elle est formée est directement élaborée par la cellule.

Si cette hypothèse est exacte, elle doit expliquer la structure des faisceaux et l'architecture générale du système élastique.

Une remarque s'impose : au fur et à mesure que le pédoncule d'un *Pollicipes* s'accroît, l'épithélium externe et par conséquent le nombre des cellules qui le constitue et dont la dimension reste sensiblement la même, s'accroît également. Nos observations histologiques ont été faites sur les pédoncules de diverses dimensions comprises entre 1 mm. 5 et 10 à 12 millimètres de diamètre; il est facile de calculer que le périmètre du pédoncule s'est accru entre ces dimensions extrêmes dans la proportion de 1 à 8, c'est-à-dire que, sur une coupe, le nombre des cellules épidermiques varie également de 1 à 8. Si l'on considère maintenant la surface épidermique, celle-ci, dans les mêmes conditions, doit varier de 1 à 64. Dans la réalité l'accroissement linéaire des dimensions du pédoncule est beaucoup plus rapide dans le sens de la largeur que dans le sens de la hauteur; il résulte néanmoins de ces estimations que le nombre des cellules épidermiques s'est accru dans une forte proportion entre les stades extrêmes que nous avons étudiés. Il en est de même du nombre des fibres terminales du système élastique; or, au cours de cet accroissement numérique la continuité des fibrilles et des cellules reste toujours la règle absolue.

Remarquons, d'autre part, que l'espace occupé par le réseau élastique et les dimensions propres de ce réseau élastique s'accroissent en même temps que le pied lui-même.

Ces différentes constatations nous conduisent à supposer que les fibrilles élastiques sont produites directement par les cellules épithéliales, qu'elles s'accroissent continuellement à partir de celles-ci et qu'à chaque bi-partition cellulaire correspond une bi-partition de la fibrille terminale en voie d'accroissement continu. La structure du réseau élastique oblige, d'autre part, à supposer que l'accroissement se fait, non seulement au contact de la cellule épidermique génératrice, mais encore dans toute l'étendue de la fibre, puisque le diamètre de celle-ci s'accroît et arrive à dépasser nettement non seulement celui des fibres terminales mais encore celui de la cellule elle-même.

Les premiers stades de la formation du réseau élastique n'ont malheureusement pas été observés. Cette lacune dans nos observations ne permet donc, ici encore, que de faire des hypothèses sur la formation des réseaux plexiformes. On peut supposer que ceux-ci résultent de l'étalement en largeur des arborisations provenant de la division des cellules; peut-être existe-t-il un stade où l'épithélium palléal et l'épithélium externe se trouvent assez rapprochés l'un de l'autre pour que les fibrilles issues des cellules se soudent les unes aux autres, constituant ainsi l'origine du plexus moyen¹.

V. — CONCLUSIONS

Le tissu conjonctif lâche, qui occupe toute la masse du pédoncule de *Pollicipes*, est soutenu, comme **Gruvel** l'avait très bien montré, par une charpente de fibres élastiques dont nous avons précisé la structure et la composition. Si l'on compare un tel tissu à certains tissus conjonctifs lâches soutenus par des fibres élastiques (le derme des Vertébrés supérieurs, par exemple) on constate une analogie

1. En d'autres termes l'accroissement du système des fibres élastiques chitineuses pourrait être comparé à l'accroissement du pédoncule chez certains Infusoires coloniaux tels que les *Epistylis*. L'on sait que, dans ce cas, la substance chitineuse formant la partie solide du pédoncule est sécrétée d'une manière continue à la base de la cellule, au niveau d'un appareil ciliaire modifié (**E. Fauré-Fremiet**, 1905), et que, à chaque division de cette cellule correspond une ramification dichotomique du pédoncule.

structurale et une équivalence fonctionnelle des formations élastiques dans l'un et l'autre cas; cependant, comme nous venons de le montrer, le système élastique de *Pollicipes* est totalement différent du système élastique conjonctif des Vertébrés. Il en diffère essentiellement par sa composition chimique puisqu'il est constitué par une substance chitineuse, tandis que l'élastine du tissu conjonctif des Vertébrés est une scléroprotéine voisine du collagène. Il en diffère également par son origine qui, d'après nos observations, serait épithéliale, tandis que les fibres élastiques des Vertébrés quelle que soit l'incertitude qui existe sur leur mode de formation, appartiennent au système conjonctif proprement dit. On sait d'autre part qu'on ne connaît pas de véritable tissu élastique chez les Invertébrés; **Kölliker**, en 1868 et 1889, fait remarquer la rareté des fibres élastiques chez les Invertébrés et met en doute le caractère élastique de formations décrites comme telles chez certains Mollusques bi-valves. Cet auteur ne pense pas non plus que la substance élastique décrite par **Krükenberg** chez les Pennatules soit de nature comparable aux fibres élastiques véritables. D'autre part, **Mall**, en 1891, signale que le tissu élastique n'existe que chez les Vertébrés à squelette osseux et n'existe pas chez les Invertébrés.

RÉSUMÉ

1° Le système des fibres élastiques décrit par **Gruvel** dans le pied des *Pollicipes* a été étudié au point de vue de sa structure et de sa composition.

2° Ce système paraît absolument indépendant du réseau conjonctif proprement dit; il est en relation directe avec les cellules de l'épiderme externe comme avec celles de l'épiderme palléal.

3° Les fibres élastiques de *Pollicipes* sont constituées par une substance de nature chitineuse se colorant électivement par le rouge Congo, à l'état frais ou après fixation, et donnant, après hydrolyse acide, un sucre réducteur.

5° La disposition du réseau élastique conduit à l'hypothèse qu'il est un produit de sécrétion des cellules épidermiques.

BIBLIOGRAPHIE

- FAURÉ-FREMIET E., 1904. — Sur la formation et la structure de la coque de *Vagini collinæ*. *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 551.
- 1905. — La structure de l'appareil fixateur chez les *Vorticellidæ*. *Arch. f. Protistenk.*, Bd 6, p. 207.
- GRUVEL, 1893. — *Contribution à l'étude des Cirrhipèdes*. *Arch. Zool.*, t. I, p. 104.
- 1905. — *Monographie des Cirrhipèdes ou Thécostracés*. Paris.
- KOEHLER R., 1888-1889. — Recherches sur la structure du pédoncule des Cirrhipèdes. *Revue Biol. du Nord de la France*, t. I, p. 41.
- KÖLLIKER A., 1886. — *Icones histologicæ* Abt., 2, Leipzig, Engelmann.
- KRUKENBERG F. W., 1881. — Vergleichend-physiologische Studien Reihe Abt 5 zur Kenntniss der organischen Bestandteile der tierischen Gerüstsubstanzen. *Vorträge IV*, p. 229.
- MALL F. P., 1891. — Das retikulierte Gewebe und seine Beruhungen Bindegewebsfibrillen. *Abhand. d. mat. naturwiss. kl. d. k. sachs. Ges. d. Wiss.*, Bd 17, p. 300.
- PRENANT Marcel, 1924. — Notes sur les parties calcifiées des téguments chez *Pollipes cornucopiæ* Leach. *Bull. Soc. Zool. de France*, p. 611.

Le lecteur trouvera des renseignements généraux sur l'Anatomie des Cirrhipèdes et sur le tissu élastique en général dans :

- BIEDERMANN, 1913. — Physiologie der Stütz Skelettsubstanzen. *Hand. der Vergleichenden Physiol.* Bd 3 (G. Fisher, Iéna), p. 927 et 975.
- BROCH HJALMAR, 1918-1919. — Anatomical Studies on Anelasma and Scalpellum det Kgl Norske Videnskabers Selskabs Skrifter, 1918, Nr. I.
- DARVIN, 1851. — A Monograph of the sub-class Cirripedia (London).
- KRUGER Paul, 1926. — Studien an Cirripidien. *Arch. f. Mikr. Anat.*, vol. 17.
- 1927. — Cirripedia die Tuerwelt der Nord und Ostsee, Lief VIII, Teil X.
- MAXIMOFF, 1927. — Bindegewebe und blutbindende Gewebe. Von Mollendorf. *Handbuch der Mikroskop.*, Anat. des Menschen. Vol. II, 1^{re} partie, p. 246 et 324.
- NILSON-CANTELL Carl. Aug. — Cirripeden-Studien zur Kenntnis der Biologie, Anat. und systematik dieser Gruppe. *Zoologiska bidrag fran Uppsala*, 7, d p. 77.

PREMIÈRE THÈSE

*Étude histochimique
de quelques tissus conjonctifs muqueux.*

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 17 mai 1934.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

Ch. MAURAIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLÉTY.

